

特開平7-196906

(43)公開日 平成7年(1995)8月1日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
C 0 8 L 69/00	L P S			
C 0 8 G 64/06	N P T			
64/40	N P Y			

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 6 頁)

(21)出願番号	特願平5-353529	(71)出願人	390000103 日本ジーイープラスチック株式会社 東京都中央区日本橋浜町2丁目35番4号
(22)出願日	平成5年(1993)12月28日	(72)発明者	藤口 智英 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘2-2 日本ジーイープラスチック株式会社内
		(72)発明者	斉藤 明宏 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘2-2 日本ジーイープラスチック株式会社内
		(72)発明者	糸井 秀行 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘2-2 日本ジーイープラスチック株式会社内
		(74)代理人	弁理士 松井 光夫

(54)【発明の名称】 熱可塑性樹脂組成物

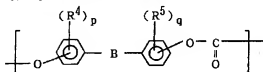
(57)【要約】

【目的】 透明性、耐熱性、耐衝撃性および流動性がバランス良く優れた熱可塑性樹脂組成物を提供する。

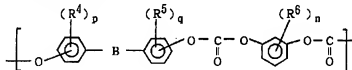
【構成】 (A)ポリカーボネート系樹脂 99～1重量部、および(B)次式(化1)および次式(化2)で示される構造単位を有し、かつ前記(化2)の構造単位の量は(化1)および(化2)の構造単位の合計量の2～90モル%を占めるところの共重合ポリカーボネート *

* 1～99重量部を含む熱可塑性樹脂組成物。

(化1)



(化2)



(上記式中、R⁴ および R⁵ はそれぞれ独立して、ハロゲン原子または一価の炭化水素基であり、Bは-(R¹)-C(=R²)- [ここで、R¹ および R² はそれぞれ独立して水素原子または1価の炭化水素基である]、-C(=R³)- [ここでR³ は2価の炭化水

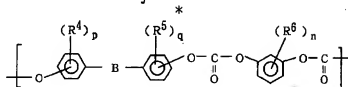
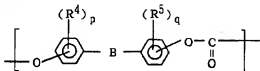
素基である]、-O-、-S-、-SO-または-SO₂-であり、R⁶ は炭素数1～10の炭化水素基もしくはそのハロゲン化物またはハロゲン原子であり、p、q および n はそれぞれ独立して0～4の整数である)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 (A) ポリカーボネート系樹脂 99～1

重量部、および (B) 次式(化1)：

【化1】



(上記式中、R⁴ および R⁵ はそれぞれ独立して、ハロゲン原子または一価の炭化水素基であり、Bは-(R¹-)C-(R²-)- [ここで、R¹ および R² はそれぞれ独立して水素原子または1価の炭化水素基である]、-C(=R³)- [ここでR³ は2価の炭化水素基である]、-O-、-S-、-SO-または-SO₂-であり、R⁶ は炭素数1～10の炭化水素基もしくはそのハロゲン化物またはハロゲン原子であり、p、q および n はそれぞれ独立して0～4の整数である)で示される構造単位を有し、かつ前記(化2)の構造単位の量は(化1)および(化2)の構造単位の合計量の2～90モル%を占めるところの共重合ポリカーボネート1～99重量部を含む熱可塑性樹脂組成物。

【請求項2】 成分(B)において、式(化1)および(化2)中のBが-(R¹-)C-(R²-)- (R¹ および R² は上記と同様である)で示される請求項1記載の樹脂組成物。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ポリカーボネート系樹脂および、レゾルシンまたはその誘導体残基を有する共重合ポリカーボネートを含む熱可塑性樹脂組成物に関する。

【0002】

【従来の技術およびその課題】ポリカーボネート系樹脂は、透明性、耐熱性および耐衝撃性に優れていることから、ガラスの代替材料、例えばレンズ、プリズム等の光学用途をはじめとして種々の分野で使用されている。

【0003】しかしながら、ポリカーボネート樹脂は流動性が劣るので、成形性が悪いという欠点を有する。単

* および次式(化2)：

【化2】

に流動性を改良するだけであれば、ポリカーボネート系樹脂の分子量を低くすればよいが、その場合、成形品の耐衝撃強度が低下するので好ましくない。

【0004】一方、レゾルシンまたはその誘導体残基を有する共重合ポリカーボネートは、ポリカーボネート樹脂と同様に透明性および耐衝撃性に優れ、かつ流動性が良好である。しかし、このレゾルシンまたはその誘導体残基を有する共重合ポリカーボネートは、ポリカーボネート樹脂に比べて耐熱性が低いという欠点を有する。そこで本発明は、透明性、耐熱性、耐衝撃性および流動性がバランス良く優れた熱可塑性樹脂組成物を提供することを目的とする。

【0005】

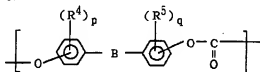
【課題を解決するための手段】本発明者らは、ポリカーボネート系樹脂に特定の構造を有する共重合ポリカーボネート樹脂を配合することにより、上記の目的が達成されることを見出し、本発明を完成した。

【0006】すなわち本発明の熱可塑性樹脂組成物は、

(A) ポリカーボネート系樹脂 99～1重量部、および (B) 次式(化3)：

【0007】

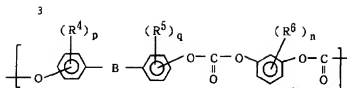
【化3】



および次式(化4)：

【0008】

【化4】

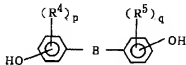


(上記式中、 R^4 および R^5 はそれぞれ独立して、ハロゲン原子または一価の炭化水素基であり、 B は $-(\text{R}^1 -) \text{C} - (\text{R}^2) -$ [ここで、 R^1 および R^2 はそれぞれ独立して水素原子または1価の炭化水素基である]、 $-\text{C}(=\text{R}^3) -$ [ここで R^3 は2価の炭化水素基である]、 $-\text{O}-$ 、 $-\text{S}-$ 、 $-\text{SO}-$ または $-\text{SO}_2 -$ であり、 R^6 は炭素数1~10の炭化水素基もしくはそのハロゲン化物またはハロゲン原子であり、 p 、 q および n はそれぞれ独立して0~4の整数である]で示される構造単位を有し、かつ前記(化4)の構造単位の量は(化3)および(化4)の構造単位の合計量の2~90モル%を占めるところの共重合ポリカーボネート1~99重量部を含むことを特徴とする。

【0009】本発明で使用する成分(A)ポリカーボネート系樹脂は公知のものが使用でき、通常、式(化5)：

【0010】

【化5】



上記式中、 R^4 、 R^5 、 B 、 p および q は上記と同義である。示されるジフェノールから誘導されるジフェノール成分と、カーボネート成分とからなる。上記式において、 R^4 および R^5 がハロゲン原子の場合には、例えば塩素原子または臭素原子等が挙げられる。一価の炭化水素基の場合には、アルキル基、シクロアルキル基、アリール基、アラルキル基またはアルカリアル基等が挙げられる。

【0011】また、 B が $-(\text{R}^1 -) \text{C} - (\text{R}^2) -$ または $-\text{C}(=\text{R}^3) -$ で示される基の場合には、アルキレン基、アルキリデン基、シクロアルキレン基、またはシクロアルキリデン基等である。

【0012】ジフェノールの具体例としては、例えばジフェノール；2,2-ビス(4-ヒドロキシフェニル)プロパン(いわゆるビスフェノールA)；2,2-ビス(3,5-ジメチル-4-ヒドロキシフェニル)プロパン；2,2-ビス(3,5-ジメチル-4-ヒドロキシフェニル)プロパン；1,1-ビス(4-ヒドロキシフェニル)シクロヘキサン；1,1-ビス(3,5-ジメチル-4-ヒドロキシフェニル)シクロヘキサン；1,1-ビス(4-ヒドロキシフェニル)デカン；1,4-ビス(4-ヒドロキシフェニル)プロパン；1,1-ビス(4-ヒ

ドロキシフェニル)シクロデカン；1,1-ビス(3,5-ジメチル-4-ヒドロキシフェニル)シクロデカン；4,4-ジヒドロキシジフェニルエーテル；4,4'-チオジフェノール；4,4'-ジヒドロキシ-3,3'-ジクロキシフェニルエーテル；および4,4'-ジヒドロキシ-2,5'-ジヒドロキシジフェニルエーテル等が挙げられる。その他に米国特許明細書第2,999,835号、第3,028,365号、第3,334,154号および第4,131,575号に記載されているジフェノールが使用できる。このようなポリカーボネートは、例えばホスゲンを使用する公知の界面重合法、溶液重合法等によって製造できる。

【0013】なお、ポリカーボネートは分枝していてもよい。そのような分枝ポリカーボネートは、多官能性芳香族化合物をジフェノールおよび/またはカーボネート先駆体と反応させることにより、分枝した熱可塑性ランダム分枝ポリカーボネートとして得られる。

【0014】次に、本発明で使用する成分(B)共重合ポリカーボネートは、上記式(化3)および(化4)で示される構成単位を有することが必要である。まず、

(化3)で示される構成単位はジフェノール成分およびカーボネート成分よりなる。ジフェノール成分を導入するために使用できるジフェノールは、先に記載した式(化5)で示されるジフェノールである。

【0015】本発明において有効なジフェノールとしては、例えば、ビス(4-ヒドロキシフェニル)メタン、1,1-ビス(4-ヒドロキシフェニル)エタン、2,2-ビス(4-ヒドロキシフェニル)プロパン(いわゆるビスフェノールA)、2,2-ビス(4-ヒドロキシフェニル)ブタン、2,2-ビス(4-ヒドロキシフェニル)オクタン、ビス(4-ヒドロキシフェニル)フェニルメタン、2,2-ビス(4-ヒドロキシ-メチルフェニル)プロパン、1,1-ビス(4-ヒドロキシ-メチルフェニル)プロパン、2,2-ビス(4-ヒドロキシ-メチルフェニル)プロパンなどのビス(ヒドロキシアリール)アルカン類；1,1-ビス(4-ヒドロキシフェニル)シクロペンタン、1,1-ビス(4-ヒドロキシフェニル)シクロヘキサンなどのビス(ヒドロキシアリール)シクロアルカン類；4,4'-ジヒドロキシジフェニルエーテル、4,4'-ジヒドロキシ-3,3'-ジメチルフェニルエーテルなどのジヒドロキシアリールエーテル類；4,4'-ジヒドロキシジフェニルスルフィド、4,4'-ジヒドロキシ-3,3'-ジメチルジフェニルスルフィドなどのジヒドロキシアリールスルフィド類；4,4'-ジヒドロキシジフェニルスルホキシド、4,4'-ジヒドロキシ-3,3'-ジメチルジフェニルスルホキシドなどのジヒドロ

キシジアリールスホキシド類；4,4'-ジヒドロキシジフェニルスホキシド、4,4'-ジヒドロキシ-3,3'-ジメチルジフェニルスホキシドなどのジヒドロキシジアリールスホキシド類などが挙げられるが、これらに限定されない。これらを1種または2種以上組合せて使用することができる。これらのうちでは、特に2,2-ビス(4-ヒドロキシフェニル)プロパンが好ましい。

【0016】またカーボネート成分を導入するための前駆物質としては、例えばジフェニルカーボネート、ジトリルカーボネート、ビス(クロロフェニル)カーボネート、m-クレジルカーボネート、ジナフチルカーボネート、ビス(ジフェニル)カーボネート、ジエチルカーボネート、ジメチルカーボネート、ジブチルカーボネート、ジシクロヘキシルカーボネートなどの炭酸ジエステル、およびホスゲンなどのハロゲン化カルボン化合物等が挙げられる。これらを1種または2種以上組合せて使用することができる。特にジフェニルカーボネートが好ましい。

【0017】次に、上記式(化4)で示される構造単位は、ジフェノール成分、レゾルシンおよび/または置換レゾルシン成分ならびにカーボネート成分から成る。ジフェノール成分の導入については、上記したと同様のジフェノールを使用できる。またカーボネート成分としては、上記した炭酸ジエステルまたはホスゲンを使用できる。レゾルシンおよび/または置換レゾルシン成分の導入のためには、次式(化6)：

【0018】

【化6】



(ここで、R⁶ および n は上記と同義である)で示される化合物を1種または2種以上組合せて使用することができる。このような化合物としては、例えばレゾルシン、および3-メチルレゾルシン、3-エチルレゾルシン、3-プロピルレゾルシン、3-ブチルレゾルシン、3-ペンチルレゾルシン、3-フェニルレゾルシン、3-キミルレゾルシン、2,3,4,6-テトラフルオロレゾルシン、2,3,4,6-テトラプロモレゾルシンなどの置換レゾルシンが挙げられる。これらのうち特にレゾルシンが好ましい。

【0019】成分(B)共重合ポリカーボネートは、(化3)(化4)で示される上記した2種の構成単位を次の割合で有している。すなわち、(化4)で示される構成単位の量が、(化3)および(化4)の合計量の2～90モル%、好ましくは2～40モル%である。(化4)の量が2モル%より少ないとガラス転移温度(T_g)の低下が不十分であるので、流動性の改良効果がみられない。また、90モル%より多いと従来のポリカー

ボネートと同等の優れた物性、例えば機械的強度、耐熱性等が得られない。

【0020】成分(B)共重合ポリカーボネートの重量平均分子量は、通常10,000～100,000、好ましくは18,000～40,000である。ここでいう重量平均分子量とは、ポリカーボネート用に補正されたポリスチレンを用いて、GPC(ゲル浸透クロマトグラフィー)によって測定されたものである。(また、メチレンクロリド中、25℃で測定した固有粘度が、0.35～0.65 dl/gであるものが好ましい。)

【0021】成分(B)共重合ポリカーボネートは、公知のポリカーボネートの製造方法、例えばホスゲンをを用いる界面重合法、溶融重合法等によって製造できる。特に溶融重合法は毒性物質であるホスゲンや塩化メチレン等を用いないので、環境衛生上好ましい。

【0022】溶融重合反応の際の温度、圧力等の条件は任意であり、公知の慣用の条件を用いることができる。具体的には、好ましくは80～250℃、より好ましくは100～230℃、特に好ましくは120～190℃の温度で、好ましくは0～5時間、より好ましくは0～4時間、特に好ましくは0～3時間、常圧下で、ジフェノールおよび上記式(化6)で示される化合物と炭酸ジエステルとを反応させる。次いで、反応系を減圧にしたがら反応温度を高めて、ジフェノールおよび上記式(化6)で示される化合物と炭酸ジエステルとの反応を行い、最終的には5 mmHg以下、より好ましくは1 mmHg以下の減圧下で240～320℃の温度で、ジフェノールおよび上記式(化6)で示される化合物と、炭酸ジエステルとの反応を行うのが好ましい。

【0023】上記のような重縮合反応は、連続式で行っても良く、バッチ式で行っても良い。また、上記反応を行う際に使用する反応装置は、槽型であっても、管型であっても、塔型であっても良い。

【0024】またこの溶融重合法によれば、得られる共重合ポリカーボネートにおける構造単位(化4)が(化3)および(化4)の合計の90モル%を超えるような割合で、すなわちレゾルシンおよび/または置換レゾルシンを、ジフェノール100モルに対して、90モルを超えるような量で使用しても、他の方法、例えば界面重合法等に比べて、色相、耐水性、耐熱性の優れた共重合ポリカーボネートが得られる。

【0025】また、成分(B)共重合ポリカーボネートは、その末端がフェノールであっても十分な耐衝撃強度を有するが、p-tertブチルフェノール、isoniルフェノール、isonokチルフェノール、m-またはp-キミルフェノール(好ましくはp-キミルフェノール)、クロマン化合物、例えばクロマンのような、よりかさ高い末端基を導入すると、より低衝撃性が優れた共重合ポリカーボネートを得ることができる。

【0026】上記した成分(A)および(B)の配合比

率は、(A) 1~99重量部に対して(B)を99~1重量部、好ましくは(A) 10~90重量部に対して(B)を90~10重量部である。

【0027】本発明の樹脂組成物は、上記した成分のほかさらに、その物性を損なわない限りにおいて、その目的に応じて樹脂の混合時、成形時に、慣用の他の添加剤、例えば顔料、染料、補強剤(ガラス繊維、炭素繊維等)、充填剤(カーボンブラック、シリカ、酸化チタン等)、耐熱剤、酸化劣化防止剤、耐候剤、滑剤、離型剤、可塑剤、難燃剤、流動性改良剤、帯電防止剤等を添加することができる。

【0028】本発明の樹脂組成物を製造するための方法に特に制限はなく、通常の方法が満足に使用できる。しかしながら一般に溶融混合法が望ましい。少量の溶剤の使用も可能であるが、一般に必要な。装置としては特に押出機、バンパリーミキサー、ローラー、ニーダー等を例として挙げることで、これらを回分的または連続的に運転する。成分の混合順序は特に限定されない。

【0029】

【実施例】次に実施例を挙げて本発明をさらに詳しく説明する。なお、実施例においては各成分として以下のものを用いた。

成分(A)

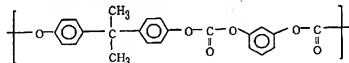
PC:ビスフェノールAのポリカーボネート、商標LEXAN(日本ゼイブラスチック株式会社製)、メチレンクロリド中、25℃で測定した固有粘度

0.50 dl/g

成分(B)

RS-PC:以下のようにして製造した共重合ポリカーボネート:ビスフェノールA(日本ゼイブラスチック株式会社製)0.22キログラム、レゾルシン0.22キログラムおよびジフェニルカーボネート(エニ社製)0.44キログラムを、第1の槽型攪拌機(容量250リットル)に仕込み、140℃で溶融した。この温度に保持しながら、得られた混合物を、ビスフェノールA換算で毎時0.16キログラムの速度で、第2の槽型攪拌機(容量50リットル)に送液した。第2の槽型攪拌機の温度は180℃に保持した。

【0030】ここに触媒として、テトラメチルアンモニウムヒドロキシドを毎時0.04モルおよび水酸化ナトリウム



実施例1~3および比較例1~2

各成分を表に示す割合(重量比)で混合し、280℃、100rpm、80kg/時間(押出速度)に設定した1軸押出機(65mm)で押出し、ペレットを作成した。次に、設定温度280℃、金型温度80℃、射出圧力900kg/cm²の条件

*リウムを毎時0.00016モル(1×10⁻⁴モル/モル・ビスフェノールA)添加し、滞留時間が30分間となるように時間を調整し、攪拌した。

【0031】次に、この反応液を、ビスフェノールA換算で毎時0.16キログラムの速度で、第3の槽型攪拌機(容量50リットル)に送液した。第3の槽型攪拌機の温度は210℃、圧力は200mmHgであった。滞留時間が30分間となるように時間を調整し、フェノールを抽出除去しながら攪拌した。

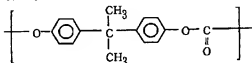
【0032】次に、この反応液を、ビスフェノールA換算で毎時0.16キログラムの速度で、第4の槽型攪拌機(容量50リットル)に送液した。第4の槽型攪拌機の温度は240℃、圧力は15mmHgであった。滞留時間が30分間となるように時間を調整し、フェノールを抽出除去しながら攪拌した。反応が定常になって得られた反応物の極限粘度[η]は0.15dl/gであった。

【0033】次に、この反応物をギアポンプで昇圧し、ビスフェノールA換算で毎時0.16キログラムの速度で、遠心式薄膜蒸発機に送入し、反応を進めた。薄膜蒸

発機の温度および圧力はそれぞれ、270℃および2mmHgに制御した。反応物を、蒸発機下部よりギアポンプにて、290℃および0.2mmHgに制御された二軸槽型攪拌重合槽(L/D=3、攪拌翼回転直径220mm、内容積80リットル)に、ビスフェノールA換算で毎時0.16キログラムの速度(約40kg/時間)で送り込み、滞留時間30分間にて重合させた。このときの生成物の極限粘度[η]は0.49dl/gであった。生成物は、次式(化7)および(化8)をモル比50:50で有する共重合ポリカーボネートであった。以下ではこれをRS-PCと略記する。

【0034】

【化7】



【0035】

【化8】

で、スパイラルフロー成形(肉厚3mm)を行い、このスパイラルフロー成形の際の流動長を測定した。さらに、得られた成形品について、アイゾット衝撃強度、全光線透過率、熱変形温度(HDT)およびバルトインデックス(MI)を測定し、その結果を表に示した。

【0036】なお、アイゾット衝撃強度は、ASTM D256に従い、1/8 インチ ノッチ付アイゾット衝撃強度を測定した。全光線透過率はヘイズメーター（モデル1001DP、日本電色株式会社製）を用いて、50×50×3 mmの試験片について測定した。熱変形温度はASTM

* D648に従って、荷重18.6Kgで測定した。また、メルトインデックスはASTM D1238に従って測定した。

【0037】

【表1】

表

	比較例		実施例		
	1	2	1	2	3
成分（重量部）					
PC	100		80	50	20
RS-PC		100	20	50	80
アイゾット衝撃強度 （Kg/cm-cm）	80	80	82	82	80
全光線透過率（%）	89	89	89	89	89
HDT（℃）	138	116	133	127	121
MI（g/10分）	11.9	20.6	13.6	16.0	18.6
スパイラルフロー 流動長（mm）	432	515	450	471	497

【0038】

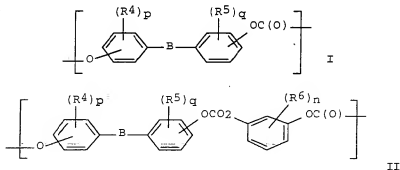
【発明の効果】本発明によれば、ポリカーボネート樹脂および共重合ポリカーボネート樹脂の両方の長所が活かされ、透明性、耐熱性、耐衝撃性および流動性がバラ

ス良く優れた熱可塑性樹脂組成物を提供することができ、本発明の樹脂組成物は広い用途に適するので、工業的に有用性が高い。

L4 ANSWER 4 OF 18 HCAPLUS COPYRIGHT 2001 ACS
 AN 1995:869813 HCAPLUS Full-text
 DN 123:342264
 TI Thermoplastic polycarbonate resin compositions containing
 resorcin-containing copolymer polycarbonates
 IN Fujiguchi, Tomohide; Saito, Akihiro; Itoi, Hideyuki
 PA Ge Plastics Japan Ltd, Japan
 SO Japan Kokai Tokkyo Koho, 6 pp.
 CODEN: JKXXAF

DT Patent
 LA Japanese
 IC ICM C08L069-00
 ICS C08G064-06; C08G064-40
 CC 37-6 (Plastics Manufacture and Processing)
 FAN.CNT 1

	PATENT NO.	KIND	DATE	APPLICATION NO.	DATE
PI	JP 07196906	A2	19950801	JP 1993-353529	19931228
GI					



AB The title comps. with transparency, heat and impact resistance, and fluidity contain (A) 1-99 parts polycarbonates and (B) 1-99 parts copolymer polycarbonates containing structure units I and II [R4-5 = halo, monovalent hydrocarbon; B = R1CR2 (R1-2 = H, monovalent hydrocarbon), C(:R3) (R3 = divalent hydrocarbon), O, S, SO, SO2; R6 = C1-10 hydrocarbon, C1-10 hydrocarbon halides, halo; p, q, n = 0-4] at ratio II/(I + II) = 2-90 mol.%. Thus, a copolymer carbonate (RS-PC) composed of I and II at mol. ratio 50:50 was prepared by treating bisphenol A 0.22, resorcinol 0.22, and di-Ph carbonate 0.44 kmol at 140-290° in the presence of tetramethylammonium hydroxide and NaOH. A composition comprising 80 parts Lexan and 20 parts RS-PC was extruded at 280°, pelletized, and spiral flow-molded at 280° to show flow 432 mm and to give a test piece with Izod impact strength 82 kg-cm/cm, light transparency 89%, heat distortion temperature 133°, and melt index 13.6 g/10 min.

ST polycarbonate resorcinol copolymer transparency moldability; impact heat resistance polycarbonate

IT thermoplastic materials
 (thermoplastic polycarbonate comps. containing resorcinol-polycarbonate copolymers with transparency, heat and impact resistance, and moldability)

IT Polycarbonates, properties
 RL: POF (Polymer in formulation); PRP (Properties); USES (Uses)
 (thermoplastic polycarbonate compns. containing resorcinol-polycarbonate copolymers with transparency, heat and impact resistance, and moldability)

IT Impact-resistant materials
 (heat-resistant, thermoplastic polycarbonate compns. containing resorcinol-polycarbonate copolymers with transparency, heat and impact resistance, and moldability)

IT Heat-resistant materials
 (impact-resistant, thermoplastic polycarbonate compns. containing resorcinol-polycarbonate copolymers with transparency, heat and impact resistance, and moldability)

IT 147041-56-3P, Bisphenol A-diphenyl carbonate-resorcin copolymer
 RL: IMF (Industrial manufacture); POF (Polymer in formulation); PRP (Properties); PREP (Preparation); USES (Uses)
 (thermoplastic polycarbonate compns. containing resorcinol-polycarbonate copolymers with transparency, heat and impact resistance, and moldability)

IT 24936-68-3, Lexan, properties 25971-63-5, Bisphenol A-phosgene copolymer
 RL: POF (Polymer in formulation); PRP (Properties); USES (Uses)
 (thermoplastic polycarbonate compns. containing resorcinol-polycarbonate copolymers with transparency, heat and impact resistance, and moldability)